

**THIN MESH, MANUFACTURING METHOD THEREOF AND MANUFACTURING DEVICE THEREFOR**

Patent Number: ☐ EP0729827, A4, B1

Publication date: 1996-09-04

Inventor(s): NAKAMURA KAZUHITO (JP); TAKEDA JIROU (JP); TANAKA HIROKAZU (JP)

Applicant(s): OMRON TATEISI ELECTRONICS CO (JP)

Requested Patent: ☐ JP7001172

Application Number: EP19940913775 19940422

Priority Number(s): WO1994IB00078 19940422; JP19930120932 19930422; JP19930309726 19931115

IPC Classification: B29D31/00; B23K26/00; B28D1/00; B23K26/06

EC Classification: B23K26/06F, B23K26/08D, B23K26/38B

Equivalents: CA2161223, DE69425155D, DE69425155T, JP3211525B2, ☐ US6008468,  
☐ WO9425259

Cited patent(s): DE4106423; EP0432992; US4621912; EP0365195

---

**Abstract**

---

The present invention provides meshes and a manufacturing method which enable one to use wide varieties of materials excellent in anticorrosiveness, chemical resistance and safety for a human body and to form the mesh holes and the cross section in arbitrary shapes. A light beam emitted by an excimer laser oscillator (12) is shaped by an aperture pattern (2) and irradiated through an optical system comprising an objective (3) on a thin material (5) composed of high polymers such as polysulfone, polyester etc., which is fixed on a work stage (4). The image of the aperture pattern (2) projected on the thin material (5) drills a plurality of mesh holes. This process can be applied to,

for example, the thin mesh (7) for an inhaler. 

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

H-8436

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-1172

(43) 公開日 平成7年(1995)1月6日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号  | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|-------|--------|-----|--------|
| B 2 3 K 26/00             | 3 3 0 |        |     |        |
| 26/02                     | A     |        |     |        |
| 26/06                     | J     |        |     |        |
| 26/08                     | F     |        |     |        |

審査請求 未請求 請求項の数15 F D (全 15 頁)

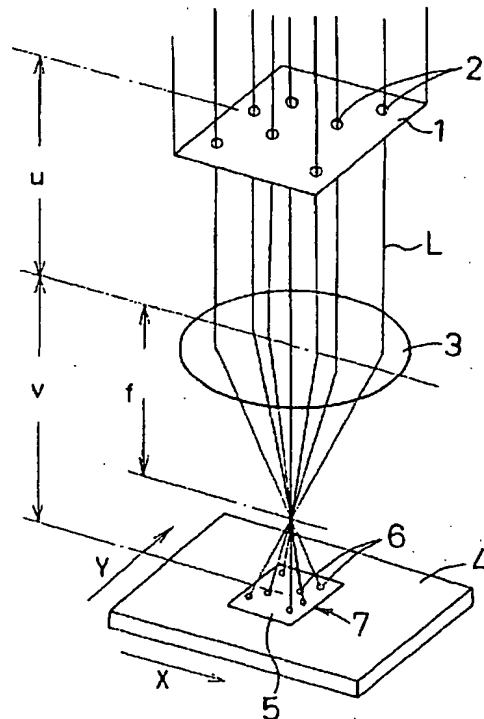
|              |                  |          |   |
|--------------|------------------|----------|---|
| (21) 出願番号    | 特願平5-309726      | (71) 出願人 | 000002945<br>オムロン株式会社<br>京都府京都市右京区花園土堂町10番地 |
| (22) 出願日     | 平成5年(1993)11月15日 | (72) 発明者 | 田中 宏和<br>京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内       |
| (31) 優先権主張番号 | 特願平5-120932      | (72) 発明者 | 竹田 次郎<br>京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内       |
| (32) 優先日     | 平5(1993)4月22日    | (72) 発明者 | 中村 和人<br>京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内       |
| (33) 優先権主張国  | 日本 (J P)         | (74) 代理人 | 弁理士 中野 雅房                                   |

(54) 【発明の名称】 薄材メッシュ、その製造方法及びその製造装置

(57) 【要約】

【目的】 メッシュ材の種類を限定されず、特に耐食性や耐薬品性、人体への安全性などに優れたメッシュ材を用いることができ、メッシュ孔の孔形状や断面形状も任意なメッシュとその製造技術を提供する。

【構成】 エキシマレーザ発振器12から出射したエキシマレーザ光をマスク1の複数の開口パターン2に透過させることによってビーム整形した後、対物レンズ3等の光学系を通過させ、加工ステージ4の上に固定された例えばポリサルフォンやポリエステル等の高分子からなる薄材5にエキシマレーザ光を照射して開口パターン2の像を結像させ、薄材5に複数のメッシュ孔6を加工し、例えば吸入器などに使用される薄材メッシュ7を製作する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 紫外線ビームの照射によって薄材に複数個の高アスペクト比の微細な貫通孔を形成したことを特徴とする薄材メッシュ。

【請求項 2】 前記薄材は、高分子薄材であることを特徴とする請求項 1 に記載の薄材メッシュ。

【請求項 3】 前記薄材は、セラミック薄材であることを特徴とする請求項 1 に記載の薄材メッシュ。

【請求項 4】 前記薄材は、金属薄材であることを特徴とする請求項 1 に記載の薄材メッシュ。

【請求項 5】 紫外線ビームを照射することにより薄材に複数個の微細な貫通孔を加工することを特徴とする薄材メッシュの製造方法。

【請求項 6】 貫通孔の加工形状に比べて十分小さな紫外線ビームを複数同時に照射し、加工対象となる薄材と前記紫外線ビームとを相対的に動かすことによって任意断面形状の貫通孔を複数同時に形成することを特徴とする薄材メッシュの製造方法。

【請求項 7】 貫通孔の加工形状に比べて十分小さな紫外線ビームを照射する手段と、加工対象となる薄材と前記紫外線ビームとを相対的に移動させる手段とを備えたことを特徴とする薄材メッシュ製造装置。

【請求項 8】 貫通孔の加工形状に比べて十分小さな紫外線ビームを照射する手段と、前記貫通孔の加工形状を記憶する手段と、当該紫外線ビームと加工対象となる薄材とを相対的に移動させる手段と、前記移動手段に設けた加工位置検出手段と、前記加工位置検出手段から出力された位置検出信号と前記記憶手段に記憶されている加工形状とを比較判断する手段と、前記比較判断手段による判断に基づき、加工形状に応じて前記移動手段を制御すると共に前記照射手段へ紫外線ビーム発振信号及びビーム強度制御信号を出力する手段とを備えたことを特徴とする薄材メッシュ製造装置。

【請求項 9】 開口形状もしくは開口径の異なる複数個の開口パターンをマスクに設け、薄材の同一領域に異なる各開口パターンを透過した紫外線ビームを順次照射して加工を施すことにより、薄材に任意断面形状の貫通孔をあけることを特徴とする薄材メッシュの製造方法。

【請求項 10】 開口形状もしくは開口径の異なる複数個の開口パターンを一定ピッチ毎に設けたマスクと、前記マスクの各開口パターンを透過した紫外線ビームを同時に薄材に結像照射させる手段と、薄材を一定ピッチ毎に順送りする手段とを備えたことを特徴とする薄材メッシュ製造装置。

【請求項 11】 貫通孔を形成された前記薄材を切断する手段を備えたことを特徴とする請求項 10 に記載の薄材メッシュ製造装置。

【請求項 12】 薄材に紫外線ビームによるマスクの開口パターンの像を投影し、薄材と前記像の結像面とを紫外線ビームの光軸と平行な方向に相対的に変化させることにより、深さ方向に沿って開口径の変化した貫通孔を薄材に加工することを特徴とする薄材メッシュの製造方法。

【請求項 13】 紫外線ビームを発生する手段と、開口パターンを開口したマスクと、前記開口パターンの像を加工対象となる薄材に向けて投影すると共に投影倍率を可変にできる投影光学系と、前記薄材を紫外線ビームの光軸と平行な方向に移動させる手段とを備えたことを特徴とする薄材メッシュ製造装置。

【請求項 14】 開口を有する少なくとも 2 枚のサブマスクを重ね、前記開口を重ね合わせることによって開口パターンを形成し、前記開口の重なりを変化させることによって前記開口パターンの開口寸法を変えられるようにし、当該開口パターンを透過させた紫外線ビームによって薄材に貫通孔を加工するようにしたことを特徴とする薄材メッシュの製造方法。

【請求項 15】 紫外線ビームを発生する手段と、開口を有する少なくとも 2 枚のサブマスクを重ね、前記サブマスクの重なりを変化させることによって前記開口の重なりによって形成された開口パターンの開口寸法を変えられるようになったマスクと、前記サブマスクの重なり量を変化させる手段と、前記開口パターンを通過した紫外線ビームを加工対象となる薄材に照射する投影光学系とを備えたことを特徴とする薄材メッシュ製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は薄材メッシュ、その製造方法及びその製造装置に関する。具体的にいうと、本発明は、高密度微細メッシュ加工を施された薄材メッシュ、紫外線を用いた当該薄材メッシュの製造方法、および薄材メッシュ製造装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 図 26 は超音波振動式の噴霧式の吸入器（霧化装置）101 の一般的な構造を示す概略断面図である。この吸入器 101 にあっては、複数の微細なメッシュ孔 103 を有する図 27 に示すようなメッシュ 102 がケーシング 104 の上部に固定されており、メッシュ 102 の下面にはキノコ形をした振動子 105 の上面が押し当てられており、振動子 105 の下端部はタンク 106 内に保持された薬液 107 に浸漬されている。また、振動子 105 の中心には上面から下端面にわたって薬液吸上げ用孔 108 が貫通している。

【0003】 しかして、振動子 105 を上下に振動させると、振動子 105 に適当な力で押し付けられたメッシュ 102 は振動子 105 の微小振動によって共振する。

メッシュ 102 が共振すると、メッシュ 102 と振動子 105 の間に負圧が生じるので、タンク 106 内の薬液 107 は薬液吸上げ用孔 108 から振動子 105 の上面へ吸上げられる。こうしてメッシュ 102 と振動子 105 の間へ吸い上げられた薬液 107 はメッシュ 102 の振動によって微細なメッシュ孔 103 を通過し、霧化された薬液 107 が外気中へ噴出される。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記のような吸入器 101 に用いられるメッシュ 102 は、薬液 107 を微粒化（霧化）する必要があるため、図 27 に示すように十分微細な多数のメッシュ孔 103 で構成される必要があり、靱性と耐食性に優れた材料が必要とされる。さらに、吸入器 101 のような医療用機器では、その用途より、材質の耐薬品性や人体への安全性が要求される。

【0005】ところで、微細なメッシュ孔 103 を有するメッシュ 102 を一度に加工する方法としては、電鍍法やエッチング法、放電加工法が知られている。しかしながら、電鍍法により製造されたメッシュ 102 では、メッシュ材としてニッケルなど特定の金属（Au など）も用いることができるが、高価である。）しか用いることができないため耐食性が悪く、また、重金属使用による対人安全性の面から医療用機器などにはニッケル製メッシュ 102 を用いることができず、用途が限られていた。対人安全性を得るため、ニッケル製メッシュ 102 の表面に金メッキ等の表面処理を施す方法もあるが、金メッキ等のピンホールを完全になくすることができず、ニッケルの溶出が完全に防止できるとはいえない。

【0006】また、上記のような吸入器 101 では噴霧粒子径により患部への到達効果に変化するが、噴霧粒子径はメッシュ孔 103 の孔形状や断面形状に大きく左右される。しかも、上記のような吸入器 101 ではメッシュ 102 を振動子 105 と共振させる必要があるため、振動子 105 の振動数に対してメッシュ 102 の厚みが一意的に決定される。

【0007】しかしながら、電鍍によるメッシュ製造法では、メッシュ材の厚みとメッシュ孔 103 の断面形状に相関があり、メッシュ材の厚みに対してメッシュ孔 103 の形状が制約を受けるため、図 28 に示すような半球状断面のメッシュ孔 103 しか得ることができなかった。また、メッシュ孔 103 の深さ方向への任意加工は困難であって、任意断面形状のメッシュ孔 103 を形成することができなかった。

【0008】さらに、電鍍法では、構造上の制約により図 27 に示すような規則正しい配置及び形状のメッシュ孔 103 の設計を必要とし、不規則な配置のメッシュ孔 103 を形成することができなかった。

【0009】また、エッチング法や放電加工法では、深さ方向でメッシュ孔 103 の孔径を変化させることが困難であるため、図 29 に示すように真っ直ぐなメッシュ

孔 103 となり、メッシュ 102 に任意の断面形状のメッシュ孔 103 を形成することができず、例えばメッシュ孔 103 に十分なテーパを持たせることができなかった。

【0010】本発明は叙上の従来例の欠点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、薄材であればメッシュ材の種類を特に限定されず、特に耐食性や耐薬品性、人体への安全性などに優れたメッシュ材を用いることができ、メッシュ孔の孔形状や断面形状も任意なメッシュとその製造技術を提供することにある。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の薄材メッシュは、紫外線ビームの照射によって薄材に複数個の高アスペクト比の微細な貫通孔を形成したことを特徴としている。この薄材としては、例えば高分子薄材、セラミック薄材、金属薄材などを用いることができる。

【0012】また、本発明の薄材メッシュの製造方法は、紫外線ビームを照射することにより薄材に複数個の微細な貫通孔を加工することを特徴としている。

【0013】上記製造方法においては、貫通孔の加工形状に比べて十分小さな紫外線ビームを複数同時に照射し、加工対象となる薄材と前記紫外線ビームとを相対的に動かすことによって任意断面形状の貫通孔を複数同時に形成してもよい。

【0014】また、本発明の薄材メッシュ製造装置は、貫通孔の加工形状に比べて十分小さな紫外線ビームを照射する手段と、加工対象となる薄材と前記紫外線ビームとを相対的に移動させる手段とを備えたことを特徴としている。

【0015】上記薄材メッシュ製造装置においては、貫通孔の加工形状に比べて十分小さな紫外線ビームを照射する手段と、前記貫通孔の加工形状を記憶する手段と、当該紫外線ビームと加工対象となる薄材とを相対的に移動させる手段と、前記移動手段に設けた加工位置検出手段と、前記加工位置検出手段から出力された位置検出信号と前記記憶手段に記憶されている加工形状とを比較判断する手段と、前記比較判断手段による判断に基づき、加工形状に応じて前記移動手段を制御すると共に前記照射手段へ紫外線ビーム発振信号及びビーム強度制御信号を出力する手段とを備えていてもよい。

【0016】さらに、本発明の別な薄材メッシュの製造方法は、開口形状もしくは開口径の異なる複数個の開口パターンをマスクに設け、薄材の同一領域に異なる各開口パターンを透過した紫外線ビームを順次照射して加工を施すことにより、薄材に任意断面形状の貫通孔をあけることを特徴としている。

【0017】また、本発明の別な薄材メッシュ製造装置は、開口形状もしくは開口径の異なる複数個の開口パターンを一定ピッチ毎に設けたマスクと、前記マスクの各開口パターンを透過した紫外線ビームを同時に薄材に結

像照射させる手段と、薄材を一定ピッチ毎に順送りする手段とを備えたことを特徴としている。

【0018】この薄材メッシュ製造装置においては、貫通孔を形成された前記薄材を切断する手段をさらに備えていてもよい。

【0019】さらに、本発明のさらに別な薄材メッシュの製造方法は、薄材に紫外線ビームによるマスクの開口パターンの像を投影し、薄材と前記像の結像面とを紫外線ビームの光軸と平行な方向に相対的に変化させることにより、深さ方向に沿って開口径の変化した貫通孔を薄材に加工することを特徴としている。

【0020】また、本発明のさらに別な薄材メッシュ製造装置は、紫外線ビームを発生する手段と、開口パターンを開口したマスクと、前記開口パターンの像を加工対象となる薄材に向けて投影すると共に投影倍率を可変にできる投影光学系と、前記薄材を紫外線ビームの光軸と平行な方向に移動させる手段とを備えたことを特徴としている。

【0021】さらに、本発明のさらに別な薄材メッシュの製造方法は、開口を有する少なくとも2枚のサブマスクを重ね、前記開口を重ね合わせることによって開口パターンを形成し、前記開口の重なりを変化させることによって前記開口パターンの開口寸法を変えられるようにし、当該開口パターンを透過させた紫外線ビームによって薄材に貫通孔を加工するようにしたことを特徴としている。

【0022】また、本発明のさらに別な薄材メッシュ製造装置は、紫外線ビームを発生する手段と、開口を有する少なくとも2枚のサブマスクを重ね、前記サブマスクの重なりを変化させることによって前記開口の重なりによって形成された開口パターンの開口寸法を変えられるようになったマスクと、前記サブマスクの重なり量を変化させる手段と、前記開口パターンを通過した紫外線ビームを加工対象となる薄材に照射する投影光学系とを備えたことを特徴としている。

【0023】

【作用】本発明に係る薄材メッシュにあつては、薄材であればメッシュ材の種類を特に限定されないもので、例えば高分子薄材やセラミック薄材、耐食性及び耐薬品性のある金属薄材等を使用することができ、耐食性、耐薬品性に優れた柔軟なメッシュを得ることができる。しかも、多様な素材からなる薄材を用いることができるので、用途に応じて最適なメッシュ材を選択することができる。例えば、医療用機器に用いる場合には、ポリサルフォンやポリエステル等の人体に安全で、耐食性、耐薬品性に優れた材料によってメッシュを製造することができる。また、理化学機器等には、例えばポリイミド等のメッシュ材を用いることができる。

【0024】また、本発明による薄材メッシュの製造方法にあつては、薄材に紫外線ビームを照射することによ

り微細な貫通孔を加工しているので、任意の薄材を素材として微細なメッシュ加工を施すことができる。しかも、薄材の移動パターンや紫外線ビームの走査パターン等をコントロールすることによって任意孔形状もしくは任意断面形状の貫通孔を形成することができる。特に、貫通孔に階段状のテーパ加工や滑らかなテーパ加工を施すことができる。

【0025】また、貫通孔の加工形状に比べて十分小さな紫外線ビームを照射し、当該紫外線ビームと薄材とを相対的に動かすことによって貫通孔を加工すれば、ビーム整形用のマスクに関係なく、紫外線ビームの走査方法によって任意の形状をした貫通孔を形成することができ、マスク変更の段取り時間が不要になる。しかも、複数本の紫外線ビームを用いれば、1度に複数の貫通孔を形成することができ、加工時間を短縮することができる。

【0026】特に、薄材を移動させる手段に設けた加工位置検出手段から出力された位置検出信号と、貫通孔の形状を記憶する手段に登録されている加工形状とを比較判断し、それに応じて薄材の移動手段を制御すると共に紫外線ビームの照射手段へ紫外線ビーム発振信号と加工形状や材料に応じたビーム強度設定信号とを出力させるようにすれば、所望のメッシュ孔を有する薄材メッシュの製造を自動化することができる。

【0027】さらに、開口形状もしくは開口径の異なる複数の開口パターンを設けたマスクを用い、異なる各開口パターンによってビーム整形された紫外線ビームを順次薄材に照射させれば、加工深さによって貫通孔の加工形状を変化させることができる。従って、薄材に高精度に制御された多段微細メッシュ加工を施すことができ、任意断面形状の貫通孔を設けることができる。特に、開口形状もしくは開口径の異なる複数の開口パターンをマスクに一定ピッチ毎に設けてあると、複数の貫通孔を同時に加工することができ、加工時間を短縮できると共にメッシュの量産性が向上する。さらに、フープ状などの長尺物の薄材を用い、メッシュ加工後に薄材を切断するようにすれば、より量産性が向上する。

【0028】また、紫外線ビームの結像面と薄材とを紫外線ビームの光軸と平行な方向に相対的に変化させるようにすれば、紫外線ビームのデフォーカス量を変化させて薄材上における紫外線ビームの投影面積を変化させることができる。従って、時間的に結像面と薄材との距離を連続的に変化させれば、加工深さによって孔径を連続的に、かつ滑らかに変化させることができ、内周面が滑らかに変化するテーパ状などの貫通孔を容易に作製することができる。また、加工時間も短くすることができる。

【0029】また、開口を有する少なくとも2枚のサブマスクを重ねてマスクを形成し、開口を重ね合わせることによって開口パターンを形成し、前記開口の重なりを変

化させることによって開口パターンの開口寸法を変えられるようにすれば、サブマスクの重なり量を変化させることで開口パターンの大きさを変化させることができる。従って、マスクを交換したり、光学系を調整したりすることなく、1種のマスクにより開口パターンの大きさを変化させて種々の寸法の貫通孔を形成することができる。しかも、貫通孔を加工しながら、開口パターンの大きさを変化させることにより、孔径の大きさを変化させることができ、加工深さによって孔径が連続的、もしくは不連続に変化した任意断面形状の貫通孔を短時間で形成することができる。

#### 【0030】

【実施例】図1は本発明の一実施例による薄材からなるメッシュの製造方法を示す基本原理図である。エキシマレーザ発振器から出射されたエキシマレーザ光は、マスク1に開口された複数の微細な開口パターン2を透過することによって所定のビーム形状にビーム整形された後、対物レンズ3によって集光され、XYテーブル装置等の加工ステージ4上に固定された例えばポリサルフォンやポリエステル、ポリイミド等の高分子からなる薄材（メッシュ材）5に照射される。しかして、マスク1の開口パターン2の縮小像を薄材5に結像させ、薄材5にマスク1の開口パターン2と相似な形状のメッシュ孔6をメッシュ加工してメッシュ7を得ることができる。ここで、対物レンズ3の焦点距離を $f$ 、対物レンズ3からマスク1までの距離を $u$ 、対物レンズ3から加工ステージ4上の薄材5までの距離を $v$ とすると、マスク1の像が薄材5の上に結像されるための条件として、これら $u$ 、 $v$ 、 $f$ は、よく知られたレンズ公式より、

$$(1/u) + (1/v) = 1/f$$

の関係を満たす必要がある。また、薄材5上に結像される開口パターン2の像の縮小率（ $=1/\text{倍率}$ ）を $M$ とすると、上記 $u$ 、 $v$ 、 $f$ は、

$$M = u/v = (u/f) - 1$$

で表わされる。従って、縮小率 $M$ が決まると、対物レンズ3の焦点距離 $f$ からマスク1及び対物レンズ3の位置 $u$ 、 $v$ が決まるので、マスク1の開口パターン2と相似なメッシュ孔6を任意の縮小率 $M$ で形成することができる。

【0031】図1に示すように複数の開口パターン2を有するマスク1を用いれば、複数のメッシュ孔6を一度に形成することができるが、1個の開口パターン2を有するマスク1を用い、薄材5を加工ステージ4によって移動させ、順次メッシュ孔6を1個づつ開口させることにより、複数のメッシュ孔6を有するメッシュ7を形成してもよい。

【0032】図2（a）（b）に示すものは本発明の別な実施例による薄材のメッシュの製造方法を示す断面図である。この実施例にあつては、まず図2（a）に示すように、加工ステージ4の上に金属箔8を固定し、エッ

チング等によって1つの開口パターン9を形成された親マスク10によりエキシマレーザ光をビーム整形し、加工ステージ4によって金属箔8を移動させながらエキシマレーザ光を用いてマスク1のメッシュ孔6と相似な配置となるように金属箔8に開口パターン2を孔あけ加工し、前記開口パターン9を縮小した複数の開口パターン2を有する金属箔8からなるマスク1を形成する。つぎに、こうして作製されたマスク1をマスクステージにセットし、図2（b）に示すように、加工ステージ4に例えばポリイミド等の薄材5を固定し、マスク1を透過してビーム整形された複数本のエキシマレーザ光によって薄材5に複数のメッシュ孔6を一度に形成し、目的とするメッシュ7を得る。このような方法によれば、比較的ラフな開口パターン9を1個だけ設けた親マスク1から出発して複数個のメッシュ孔6を有する薄材メッシュ7を作製することができる。

【0033】図3は本発明によるメッシュ製造装置11を示す構成図である。図3において、12はエキシマレーザ発振器、13はマスク1を保持してマスク1の位置調整を行なわせるためのマスクステージ、14は投影光学系、15は全反射鏡、16は開口パターン2の像を薄材5の表面に結像させるための対物レンズである。17は薄材5を載置してエキシマレーザ光に対して相対的に移動させるX-Yステージや $r-\theta$ ステージのような2次元移動用の加工ステージ、18は加工ステージ17の移動速度や位置等を制御するための数値制御形のドライバ回路であつて、加工ステージ17は加工位置を検出するためのエンコーダ等の加工位置検出手段（図示せず）を備えている。また、19は駆動制御装置（コンピュータ）であつて、加工しようとするメッシュ孔6の加工形状を記憶するためのフロッピーディスク装置やハードディスク装置等の記憶手段20を備えており、加工位置検出手段から出力された位置検出信号と記憶手段20に記憶している加工形状とを比較判断し、その判断に基づいてドライバ回路18へ加工ステージ17の目標位置信号を出力すると共に、エネルギーの強さを設定するためのビーム強度設定信号と、エキシマレーザ光発振信号とをエキシマレーザ発振器12へ出力する。21はディスプレイである。

【0034】しかして、エキシマレーザ発振器12から出射されたエキシマレーザ光は、マスク1によって所定のビームパターンにビーム整形された後、投影光学系14を通過し、全反射鏡15で反射した後、対物レンズ16を通過し、加工ステージ17上の薄材5に照射される。ここで、予めマスクステージ13によってマスク1の位置を調整すると共に投影光学系14の焦点距離を調整することにより、マスク1の開口パターン2が所定の縮小率 $M$ で薄材5の表面に結像されるように調整されている。駆動制御装置19は、記憶手段20に記憶しているメッシュ孔6の形状に基づき、予めプログラムされた

順序に従ってドライバ回路 18 によって加工ステージ 17 を移動させ、同時にエキシマレーザ発振器 12 の発振を同期制御し、目的とするメッシュ孔 6 を薄材 5 にメッシュ加工する。

【0035】このメッシュ製造装置 11 を用いると、例えば図 4 に示すようにしてメッシュ 7 が製造される。この方法にあつては、図 2 (a) と同様に親マスク 10 から得たマスク 1 をマスクステージ 13 にセットし、薄材 5 を加工ステージ 17 にセットした後、エキシマレーザ光 L をマスク 1 に透過させることによってメッシュ孔 6 のサイズよりも細く絞り、駆動制御装置 19 により記憶手段 20 に登録されているメッシュ孔 6 の形状に従って加工ステージ 17 を環状に連続的に移動させ、メッシュ孔 6 より細いエキシマレーザ光 L で任意パターンのメッシュ孔 6 を複数個 1 度に開口している。したがって、この方法によれば、メッシュ孔 6 の形状が変化するたびにマスク 1 を交換する必要がなく、メッシュ孔 6 のパターンもしくは加工ステージ 17 の移動パターンを記憶手段 20 に登録しておくことにより、任意形状のメッシュ孔 6 を形成することができる。

【0036】このようにすれば、図 2 6 に示すような規則的な配置の円形のメッシュ孔に限らず、図 5 に示すように不規則な配置でメッシュ孔 6 を形成することもできる。このためには、マスク 1 に不規則な配置で開口パターン 2 を形成しておいても良く、あるいは、不規則な配置でメッシュ孔 6 を 1 個ずつ開口させていくこともできる。さらに、マスク 1 の開口パターン 2 によつては、図 5 のメッシュ 7 のように大きさの異なるメッシュ孔 6 を混在させることもできる。また、図 6 に示すような任意の形状のメッシュ孔 6 を開口することもできる。例えば、マスク 1 の開口パターン 2 を図 6 のメッシュ孔 6 と相似な形状にしても良く、あるいは図 6 のメッシュ孔 6 の縁の形状に沿ってエキシマレーザ光 L を走査させても良い。

【0037】また、図 7 (a) (b) (c) は図 3 のメッシュ製造装置 11 によるメッシュ孔 6 の加工方法の別な例を説明するための断面図である。図 7 (a) は設計目標となる理想的なメッシュ孔 22 の断面形状を示す図であつて、メッシュ孔 22 は軸 P を中心とする回転対称な形状を有しており、その縁は滑らかな曲面によって構成されている。このような回転対称なメッシュ孔 22 を形成する場合には、加工ステージ 17 を同心円状の軌跡に沿って移動させながら薄材 5 にエキシマレーザ光 L を照射し、各半径  $r$  毎に加工深さを変えることによって任意の断面のメッシュ孔 6 を形成することができる。すなわち、図 7 (c) はこの加工イメージを示す図であつて、1 つの静止したメッシュ孔 6 の回りに同心円を描きながらエキシマレーザ光 L を移動させることによって薄材 5 を環状に加工し、加工位置 (軸 P からの半径  $r$ ) によって加工深さを変えることにより任意の階段状断面を

得るようにしている。また、加工深さはエキシマレーザ光 L を照射している間の加工ステージ 17 の回転数  $N$

(エキシマレーザ光 L の照射時間はエキシマレーザ光 L の円周方向における線速度を  $v$  とするとき、 $N/v$  に比例するが、X-Y ステージのような加工ステージ 17 による移動では、円周方向の線速度  $v$  は加工半径  $r$  に関係なくほぼ一定となるので、回転数  $N$  はエキシマレーザ光 L の照射時間に対応する。) によって決めるものとする。しかし、図 7 (a) に示したようなメッシュ孔 22 の断面形状を図 7 (b) のような階段状断面で置き換え、各段の加工条件を軸 P からの半径  $r$  と加工ステージ 17 の回転数  $N$  によって、最上段では照射位置  $r_5$ 、回転数  $N_5$ 、上から 2 段目では照射位置  $r_4$ 、回転数  $N_4$ 、上から 3 段目では照射位置  $r_3$ 、回転数  $N_3$ 、… ( $r_5$ 、 $r_4$ 、… はエキシマレーザ光 L のビーム直径分づつ異なる) というようにプログラムし、駆動制御装置 19 によって図 7 (b) のようなメッシュ孔 6 を複数個 1 度に開口させることができる。このとき、図 7 (b) における加工段数を増加させ、半径  $r$  をすこしずつ変化させるようにすれば、メッシュ孔 6 の段差を小さくすることができ、十分に滑らかな内周面を有するメッシュ孔 6 を形成することも可能になり、図 7 (a) のようなメッシュ孔 22 を加工することも可能になる。また、エキシマレーザ光 L の照射回数は、照射されるビームの強度によって重み付けられ、トータルのドーズ量として設定するようにしても差し支えない。これは、エキシマレーザ光 L によるアブレーション加工 (すなわち、光励起分解による加工) においては、エネルギー密度によって加工速度 (1 パルスあたりの加工深さ) をある程度まで変えられることによる。なお、このメッシュ 7 は、図 7 (b) とは上下を逆にし、メッシュ孔 6 の狭い側を外にして図 2 6 のような吸入器 101 に用いられる。

【0038】図 8 に示すものは本発明のさらに別な実施例による加工方法を説明する説明図である。薄材 5 に対して相対的にエキシマレーザ光 L を円周状に走査させる場合、エキシマレーザ光 L が走査する軌跡の内周側と外周側とではエキシマレーザ光 L の重なり具合が異なり、その結果、内周側におけるエキシマレーザ光 L の実効的なエネルギー強度が外周側よりも大きくなる。しかも、このエキシマレーザ光 L の重なり具合は加工半径  $r$  によって異なるので、エキシマレーザ発振器 12 から出射されるエキシマレーザ光 L の強度が同じであっても、円周状に走査されるエキシマレーザ光 L を内周側から外周側にかけて平均した実効的なエネルギー強度についても加工半径  $r$  によって変化する。そこで、この実施例では、加工半径  $r$  によって決まるビーム強度係数  $k$  (平均的な実効エネルギー強度 / 出射光のエネルギー強度) を用いて、加工半径  $r$ 、回転数  $N$  と加工深さ  $d$  との関係として  $d = A (N \times k)$

を用いている ( $A$  は比例定数)。すなわち、軸 P からの

半径  $r$  と加工ステージ 17 の回転数  $N$  とを、中心部では照射位置  $r_1$ 、回転数  $N_1 = d_1 / (A k_1)$ 、中心部から 2 段目では照射位置  $r_2$ 、回転数  $N_2 = d_2 / (A k_2)$ 、中心部から 3 段目では照射位置  $r_3$ 、回転数  $N_3 = d_3 / (A k_3)$ 、…というようにプログラムし（但し、 $k_i$  は加工半径  $r_i$  に対するビーム強度係数）、駆動制御装置 19 によって図 8 のようなメッシュ孔 6 を複数個 1 度に開口させることができる。このようにビーム強度係数  $k$  を用いることにより、加工深さ  $d$  を精度よくコントロールすることができ、精密な断面形状のメッシュ孔 6 を加工できるようになる。

【0039】図 9 は本発明のさらに別な実施例によるメッシュ製造装置 31 を示す構成図である。このメッシュ製造装置 31 において、12 はエキシマレーザ発振器、13 はマスク 32 を保持して位置調整を行なわせるためのマスクステージ、14 は投影光学系、15 は全反射鏡、16 は対物レンズであって、いずれも図 3 のメッシュ製造装置 11 と同様な構造及び機能を有している。上記マスクステージ 13 にセットされるマスク 32 には、複数個の開口パターン 2a、2b、…が一定ピッチ毎に開口されている。例えば、図 10 (a) に示すように、マスク 32 には、中心間ピッチが PM となるように開口径の異なる開口パターン 2a、2b、2c を順次一列に開口してある。図 10 (a) では、X 及び Y 方向にそれぞれ Xoff、Yoff のオフセットで 2 組の開口パターン 2a、2b、2c を設けているが、1 組だけでもよく、あるいは任意のオフセット量で 3 組以上の開口パターン 2a、2b、2c を設けていてもよい。あるいは、図 10 (b) に示すように、丸、四角、三角など開口形状の異なる開口パターン 2a、2b、2c を順次一定ピッチ PM 毎に一列に開口したものでよい。また、34 はフープ状をした長尺物の薄材 33 を順次一定ピッチずつ送るための順送り装置、35 はメッシュ孔 6 を開口された薄材 33 を一定長さもしくは一定形状にカットするレーザ切断機等の切断装置である。さらに、18 は順送り装置 34 による薄材 33 の送り量やタイミングを制御するためのドライバ回路、19 は薄材 33 を送るタイミングと同期してエキシマレーザ光 L を出射させるようにドライバ回路 18 とエキシマレーザ発振器 12 を制御する駆動制御回路である。

【0040】しかし、エキシマレーザ発振器 12 から出射されたエキシマレーザ光 L は、マスクステージ 13 に設置されているマスク 32 の寸法もしくは形状の異なる複数個の開口パターン 2a、2b、2c を通過し、マスク形状の情報を持つエキシマレーザ光 L となり、投影光学系 14 に入射する。投影光学系 14、全反射鏡 15 及び対物レンズ 16 を経て、エキシマレーザ光 L は所定の縮小率 M に縮小され、その縮小投影像は順送り装置 34 上に配置されたフープ状の薄材 33 に結像照射され、薄材 33 を加工する。いま、図 11 の概略図に示すよう

に、大きさの異なる 3 つの開口パターン 2a、2b、2c を有するマスク 32 を用いた場合、薄材 33 上における各像間のピッチが  $p$  であるとする、このメッシュ製造装置 31 は、1 回のエキシマレーザ光照射によって薄材 33 をその厚みの略 1/3 以上の深さまで加工する工程と、順送り装置 34 によって薄材 33 をピッチ  $p$  ずつ順送りする工程とを繰り返す。例えば、薄材 33 が図 11 及び図 12 の矢印方向に送られているとすると、1 つのメッシュ孔 6 は、まず大径の開口パターン 2a に対応するエキシマレーザ光 L によって略 1/3 の深さまで大径孔 36a を加工され（図 12 (a)）、薄材 33 が  $p$  だけ送られた後、中径の開口パターン 2b に対応するエキシマレーザ光 L によって大径孔 36a 内に略 2/3 の深さまで中径孔 36b を加工され（図 12 (b)）、さらに薄材 33 が  $p$  だけ送られた後、小径の開口パターン 2c に対応するエキシマレーザ光 L によって中径孔 36b 内に貫通するまで小径孔 36c を加工される（図 12 (c)）。このような工程を繰り返すことにより、薄材 33 には、図 12 (d) に示すようにメッシュ孔 6 が一定のピッチ  $p$  で加工されていく。こうして加工された薄材 33 は切断装置 35 へ送られ、予め設定された形状（例えば、吸入器に合わせた形状）もしくは長さに切断されてメッシュ 7 が作製され、切断されたメッシュ 7 はストッカーなどに収納される。あるいは、切断装置 35 によって切断することなく、長尺のままの薄材 33 を巻取り機でドラムなどに巻取るようにしてもよい。また、上記実施例では、大径孔 36a から順次加工したが、これとは逆方向に薄材 33 を送り、小径孔 36c から順次加工するようにもできる。

【0041】図 13 に示すものは本発明のさらに別な実施例によるメッシュ製造装置 41 を示す構成図である。図 13 において、12 はエキシマレーザ発振器、15 は全反射鏡、1 は複数の開口パターン 2 を有するマスク、42 は投影光学系、43 は Z ステージのような加工ステージである。しかし、エキシマレーザ発振器 12 から出射されたエキシマレーザ光 L は、マスク 1 の開口パターン 2 を通過することにより、開口パターン形状の情報をもつエキシマレーザ光 L にビーム整形され、全反射鏡 15 で方向を変えられた後、投影光学系 42 に入射せられる。投影光学系 42 により任意縮小された投影像は、加工ステージ 43 上に配置された薄材 5 に結像照射され、薄材 5 にメッシュ孔 6 を加工する。

【0042】上記投影光学系 42 は、薄材 5 の加工面上に開口パターン 2 の像を垂直に投影させることができ、また像の縮小率を変化させることができるものであり、例えばテレセントリック光学系を使用すれば良い。図 14 は上記投影光学系 42 の構成の一例を示す図であって、エキシマレーザ光 L の光路上においてマスク 1 の直後に第 1 レンズ（凸レンズ）44 を配置し、第 1 レンズ 44 と加工ステージ 43 との間においてエキシマレーザ



光 L の光軸上に第 2 レンズ (結像レンズ) 45 を配置し、いわゆるテレセントリック光学系を形成している。この光学系では、投影像の中心部と周辺部とでデフォーカス時の像歪量が同じになるという特性があるため、加工面全面において均質なデフォーカス制御ができるという特徴がある。なお、図 13 のメッシュ製造装置 41 では、全反射鏡 15 はマスク 1 の上方に配置しているが、投影光学系 42 の第 1 レンズ 44 とマスク 1 を水平な光路上に配置し、第 1 レンズ 44 と第 2 レンズ 45 の中間に全反射鏡 15 を配置してもよい。

【0043】また、図 13 に示すようにエキシマレーザ光 L は加工ステージ 43 に向けて垂直に照射されており、加工ステージ 43 は上下方向に昇降可能、すなわちエキシマレーザ光 L の光路と平行な方向に移動可能となっており、この加工ステージ 43 は駆動制御装置 19 及びドライバ回路 18 によって駆動制御されている。駆動制御装置 19 は駆動パターンを記録する手段 20 も有しており、予めプログラムされたパターンに従って加工ステージ 43 を上下に昇降させて投影像のデフォーカス量を制御すると同時にエキシマレーザ発振器 12 の発振を同期制御する。

【0044】従って、このようなメッシュ製造装置 41 において、結像面 (デフォーカス量が 0) でメッシュ孔 6 の開口径が  $d$  となるように設定されていると、図 15 (a) に示すように、加工ステージ 43 を駆動して薄材 5 の位置を移動させた場合、投影像の結像面から  $\pm z_1$  だけ離れたデフォーカス面で加工を行なうと像が広がって加工寸法が大きくなり、結像面から  $\pm z_2$  (但し、 $z_2 > z_1$ ) だけ離れたデフォーカス面で加工を行なうと像がさらに広がって加工寸法が一層大きくなる。この対応を数量的に細かく調べることによって、任意のデフォーカス量の位置における加工寸法の大きさを知ることができ、例えば図 15 (b) に示すように加工位置 (もしくはデフォーカス量) と加工寸法 (もしくは加工歪量) との関係を得ることができる。

【0045】上記のようなメッシュ製造装置 41 によれば、加工ステージ 43 を制御して例えば図 16 (a) に示すように投影像のデフォーカス量を時間的に変化させれば、図 16 (b) に示すような直線テーパ状のメッシュ孔 6 を加工することができる。また、加工ステージ 43 を制御して例えば図 17 (a) に示すように投影像のデフォーカス量を変化させれば、図 17 (b) に示すようなコマ型テーパ状のメッシュ孔 6 を加工することができる。また、加工ステージ 43 を制御して例えば図 18 (a) に示すように投影像のデフォーカス量を変化させれば、図 18 (b) に示すような楕円型テーパ状のメッシュ孔 6 を加工することができる。

【0046】図 19 は本発明のさらに別な実施例による薄材メッシュ製造装置 51 を示す構成図である。図 19 において、12 はエキシマレーザ発振器、52 はマスク

53 を保持してマスク 53 の位置調整と共にマスク駆動を行なうマスク駆動装置、14 は投影光学系、15 は全反射鏡、16 は開口パターン 58 の像を薄材 5 の表面に結像させるための対物レンズ、17 は薄材 5 を載置してエキシマレーザ光 L に対して相対的に移動させる加工ステージ、18 は加工ステージ 17 の移動位置やマスク駆動装置 52 によるマスク 53 の駆動量等を制御するためのドライバ回路、19 は駆動制御装置である。また、駆動制御装置 19 は、駆動パターンを記録する手段 20 を有しており、予めプログラムされたパターンにしたがって、加工ステージ 17 及びマスク駆動装置 52 を制御し、同時にエキシマレーザ発振器 12 の発振を同期制御する。

【0047】図 20 は上記マスク 53 の構造を示す正面図である。マスク 53 は一対のサブマスク 54、55 を密着させるように重ねて構成されており、両サブマスク 54、55 には複数の同形状の開口 56、57 が同じ配列で設けられ、両サブマスク 54、55 の開口 56、57 が重なりあって貫通した領域によって開口パターン 58 が形成されている。従って、2 つのサブマスク 54、55 は互いに全ての開口 56、57 を完全に重ね合わせることができるようになっており、このとき開口パターン 58 の開口率は 100% となる。また、両サブマスク 54、55 の位置関係を互いに移動させてオフセット量を持たせることにより、図 21 (a) に示すように全ての開口 56、57 を閉じて開口パターン 58 の開口率を 0% としたり、図 21 (b) に示すように開口 56、57 同志を少し重ねて開口パターン 58 を小さな開口率で開いたり、図 21 (c) に示すように開口 56、57 同志を少し大きく重ねて開口パターン 58 を比較的大きな開口率で開いたりといったように、開口パターン 58 の開口率を任意に調整することができる。なお、図 20 及び図 21 では開口 56、57 は四角形ないし菱形をしているが、菱形である必要はなく、三角形や六角形など他の形状であっても良い。もっとも、図示のように四角形ないし菱形とすれば、開口パターン 58 の寸法を変化させても相似形のままで変化させることができる。

【0048】図 22 に示すものは上記マスク 53 を駆動して開口パターン 58 の開口率を変化させるためのマスク駆動装置 52 の具体的構成を示す正面図である。サブマスク 54、55 はそれぞれ左右に配置された別々のホルダー 59、60 に固定されており、各ホルダー 59、60 はリニアベアリング等の支持機構 61 によってスムーズに平行移動できるよう支持されている。また、ホルダー 59、60 に設けた雌ネジ孔 62、63 には精密送りネジ 64、64 が螺合されており、精密送りネジ 64、64 はカップリング 65、65 を介してパルスステップモータ 66、66 に連結されている。しかして、このマスク駆動装置 52 においては、左右のパルスステップモータ 66、66 は同位相だけ制御され、両サブマス

ク 54, 55 は同じ距離だけ互いに反対側へ移動させられるようになっている。従って、両サブマスク 54, 55 の開口 56, 57 は互いに対称に移動させられるので、開口パターン 58 の中心が移動せず、各開口パターン 58 を通過したエキシマレーザ光 L の光軸が一定に保たれる。

【0049】しかして、上記のようなメッシュ製造装置 51 を用いれば、図 23 に示すようにして深さ方向に開口径の異なるメッシュ孔 6 をメッシュ加工することができる。すなわち、開口パターン 58 の開口率を 100% にした状態で図 23 (a) に示すように、大きな面積で薄材 5 に適当な深さで加工し、ついで、マスク駆動装置 52 を駆動してマスク 53 の開口パターン 58 を少し閉じた状態で図 23 (b) に示すように少し小さな面積で薄材 5 を適当な深さに掘り下げ、同様にマスク 53 の開口パターン 58 をさらに閉じた状態で図 23 (c) に示すようにより小さな面積で薄材 5 を掘り下げ、最後にマスク 53 の開口パターン 58 をさらに閉じた状態で図 23 (d) に示すようにさらに小さな面積で薄材 5 を貫通させ、複数のメッシュ孔 6 を形成することができる。

【0050】また、メッシュ孔 6 を加工する順序は図 23 とは逆にしても良い。すなわち、マスク 53 の開口パターン 58 のサイズを次第に大きくしていき、図 24 (a) (b) (c) (d) に示すようにメッシュ孔 6 の大きさを次第に広げていき、目的とする形状のメッシュ孔 6 を形成してもよい。この場合には、図 24 にも図示しているように、先に加工されている小さな孔の段部に自然にテーパが形成されるので、メッシュ孔 6 全体の開口径の変化が滑らかになるという効果がある。なお、図 23、図 24 では 4 段階に開口パターン 58 のサイズを変化させているが、マスク 53 の開口パターン 58 のサイズをエキシマレーザ光 L の例えば 1 ショット毎に変化させれば、より細かな制御を行なうことができ、より滑らかな内周面を有するメッシュ孔 6 を形成することが可能になる。また、マスク 53 は時間的に不連続的に駆動する必要はなく、連続的にマスク 53 を駆動すれば、滑らかな断面形状を有するメッシュ孔 6 を形成することもできる。さらに、マスク駆動装置 52 を用いることなく、手動でマスク 53 を調整しても差し支えない。

【0051】図 25 に示すものは図 19 のメッシュ製造装置 51 に用いることができる別な構造のマスク駆動装置 71 を示す正面図である。このマスク駆動装置 71 にあっては、左右のいずれか一方において上下に配置された一対のホルダー 72, 73 に両サブマスク 54, 55 の側端部が固定されており、各ホルダー 72, 73 はリニアベアリング等の支持機構 74 によってスムーズに水平移動できるよう支持されている。また、上のホルダー 72 の下面と下のホルダー 73 の上面にはそれぞれ同一ピッチのラック 75, 76 が形成され、当該ラック 75, 76 は上下に対向しており、上下のラック 75, 7

6 には駆動モータ（図示せず）によって回転駆動される駆動ギア 77 が同時に噛み合っている。従って、駆動ギア 77 を回転させると、両サブマスク 54, 55 は同じ距離だけ反対方向に向けて水平に移動し、両サブマスク 54, 55 の開口 56, 57 間に形成された開口パターン 58 の大きさを変えることができる。

【0052】本発明に係るメッシュは、例えばポリサルフォンやポリエーテルのような人体に安全な素材によって作製することにより、図 26 に示すような吸入器等の医療用機器に用いることができる。特に、吸入器の場合、噴霧粒子径によって患部への到達距離が変化するために患部への効果が変わり、噴霧粒子径はメッシュ孔の形状に大きく左右されるが、本発明においては噴霧に最適な断面形状のメッシュ孔を得ることができる。さらに、振動子の周波数が同じでも患部用途に応じてメッシュ孔の形状を変化させることができ、同一吸入器でもメッシュを交換するだけで複数箇所の患部に使用することが可能になる。また、例えばポリイミドのような素材によって形成したメッシュは理化学機器等に用いることができる。

【0053】なお、上記実施例では、光源としてエキシマレーザ発振器を用いたが、これ以外にも YAG レーザ第 4 高調波やパラメトリック発振、紫外線ビーム (UV 光) などを用いてもよい。

【0054】また、上記方法及び装置を用いれば、高分子薄材に限らず、ニッケル以外の金属薄板、例えば人体に安全なチタンやステンレス等の薄板を用いて金属薄材からなるメッシュを製造し、これを薄材メッシュとして用いることもできる。また、セラミック薄材を用いてメッシュを製造し、これを薄材メッシュとして使用することも可能である。

【0055】

【発明の効果】本発明にあっては、薄材メッシュ用の薄材として任意の素材を用いることができるので、例えば高分子薄材やセラミック薄材等からなる耐食性、耐薬品性に優れた柔軟なメッシュを得ることができ、しかも、用途に応じて最適なメッシュ材を選択することができる。例えばポリサルフォンやポリエステル等の人体に安全で、耐食性に優れた材料によってメッシュを製造することができるので、吸引器等の医療用機器や食品製造用機器等に好適なメッシュを提供することができる。また、例えばポリイミド等によって製造されたメッシュなども理化学機器等に用いることができ、メッシュの用途を拡大することができる。

【0056】また、本発明にあっては、紫外線ビームにより微細な貫通孔を加工しているので、任意の薄材を素材として微細なメッシュ加工を施すことができる。しかも、任意孔形状もしくは任意断面形状の貫通孔を形成することができ、貫通孔に階段状のテーパ加工や滑らかなテーパ加工を施すことができる。

【0057】また、紫外線ビームと薄材とを相対的に動かすことによって貫通孔を加工する方法によれば、マスク形状に関係なく任意の形状をした貫通孔を形成することができ、マスク変更の段取り時間が不要になる。しかも、複数本の紫外線ビームを用いれば、1度に複数個の貫通孔を形成することができ、加工時間を短縮することができる。さらに、メッシュ加工の自動化も容易に行なえる。

【0058】さらに、形状や径の異なる複数個の開口パターンを設けたマスクを用い、加工深さによって貫通孔の加工形状を変化させる方法によれば、薄材に高精度に制御された多段微細メッシュ加工を施すことができ、任意断面形状の貫通孔を設けることができる。特に、開口形状もしくは開口径の異なる複数個の開口パターンをマスクに一定ピッチ毎に設けてあると、複数の貫通孔を同時に加工することができ、加工時間を短縮できると共にメッシュの量産性が向上する。さらに、フープ状などの長尺物の薄材を用い、メッシュ加工後に薄材を切断するようにすれば、より量産性が向上する。

【0059】また、紫外線ビームの結像面と薄材とを紫外線ビームの光軸と平行な方向に相対的に変化させてメッシュ加工する方法によれば、時間的に結像面と薄材との距離を連続的に変化させることにより、加工深さによって孔径を連続的に、かつ滑らかに変化させることができ、内周面が滑らかに変化するテーパ状などの貫通孔を容易に作製することができる。また、加工時間も短くすることができる。

【0060】また、マスクを駆動して開口パターンの大きさを变化させられるようにすれば、マスクを交換したり、光学系を調整したりすることなく、1種のマスクにより開口パターンの大きさを变化させて種々の寸法の貫通孔を形成することができる。しかも、貫通孔を加工しながら、開口パターンの大きさを变化させることにより、孔径の大きさを变化させることができ、加工深さによって孔径が連続的、もしくは不連続に変化した任意断面形状の貫通孔を短時間で形成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例によるメッシュの製造方法を示す原理図である。

【図2】(a) (b) は本発明の別な実施例によるメッシュの製造方法を示す斜視図である。

【図3】本発明のさらに別な実施例によるメッシュ製造装置を示す概略構成図である。

【図4】同上のメッシュ製造装置によりメッシュを製造する方法を示す斜視図である。

【図5】同上のメッシュ製造装置によって作製されたメッシュの平面図である。

【図6】同上のメッシュ製造装置によって作製された別なメッシュの平面図である。

【図7】同上のメッシュ製造装置によるメッシュ孔の形

成方法を示す図であって、(a) は目的とするメッシュ孔の断面形状を示す図、(b) は階段状断面によって近似されたメッシュ孔の断面形状を示す図、(c) は加工イメージを示す図である。

【図8】本発明のさらに別な実施例によるメッシュの製造方法を示す図である。

【図9】本発明のさらに別な実施例によるメッシュ製造装置を示す構成図である。

【図10】(a) (b) はいずれも同上のメッシュ製造装置に用いられるマスクを示す正面図である。

【図11】同上のメッシュ製造装置によりエキシマレーザ光を薄材に照射する様子を示す概略斜視図である。

【図12】(a) (b) (c) は同上の実施例によるメッシュ孔の加工方法を示す断面図、(d) は仕上がったメッシュ孔を示す断面図である。

【図13】本発明のさらに別な実施例によるメッシュ製造装置を示す構成図である。

【図14】同上の投影光学系の一例を示す構成図である。

【図15】(a) (b) はいずれも同上のメッシュ製造装置における像の加工位置（デフォーカス量）と加工手法との関係を示す図である。

【図16】(a) はデフォーカス量の変化を示す図、

(b) は(a) のようにデフォーカス量を変化させた場合に加工されるメッシュ孔の形状を示す断面図である。

【図17】(a) はデフォーカス量の変化を示す図、

(b) は(a) のようにデフォーカス量を変化させた場合に加工されるメッシュ孔の形状を示す断面図である。

【図18】(a) はデフォーカス量の変化を示す図、

(b) は(a) のようにデフォーカス量を変化させた場合に加工されるメッシュ孔の形状を示す断面図である。

【図19】本発明のさらに別な実施例によるメッシュ製造装置を示す構成図である。

【図20】同上のマスクを構成するサブマスクの形状を示す正面図である。

【図21】(a) (b) (c) は同上のマスクの開口パターンの変化を示す図である。

【図22】同上のメッシュ製造装置に用いられるマスク駆動装置の構造を示す正面図である。

【図23】(a) (b) (c) (d) は同上のメッシュ製造装置によるメッシュ孔の加工手順を示す断面図である。

【図24】(a) (b) (c) (d) は同上のメッシュ製造装置によるメッシュ孔の別な加工手順を示す断面図である。

【図25】図19のメッシュ製造装置に用いられる別な構造のマスク駆動装置の構造を示す正面図である。

【図26】吸入器の構造を示す断面図である。

【図27】上記吸入器に用いられているメッシュの一部を拡大して示す平面図である。

【図 28】電鍍法によって作製されたメッシュの断面図である。

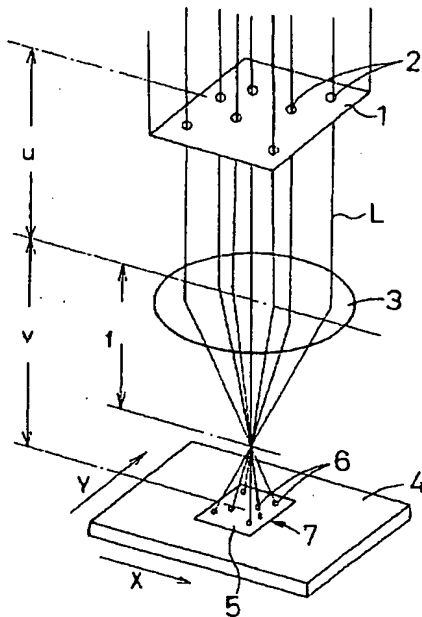
【図 29】エッチング法及び放電加工法によって作製されたメッシュの断面図である。

【符号の説明】

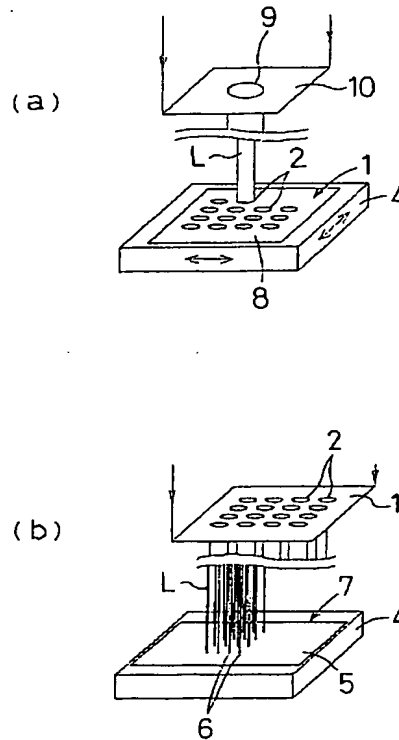
- L エキシマレーザ光
- 1 マスク
- 2 開口パターン
- 3 対物レンズ
- 4 加工ステージ
- 5 薄材

- 6 メッシュ孔
- 3 2 マスク
- 2 a, 2 b, 2 c 開口パターン
- 3 4 順送り装置
- 4 2 投影光学系 (テレセントリック光学系)
- 4 3 加工ステージ
- 5 2 マスク駆動装置
- 5 3 マスク
- 5 4, 5 5 サブマスク
- 7 1 マスク駆動装置

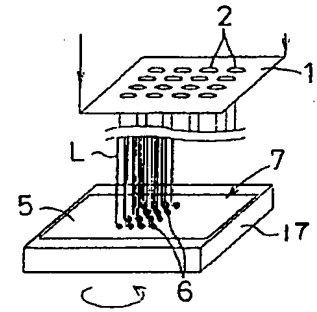
【図 1】



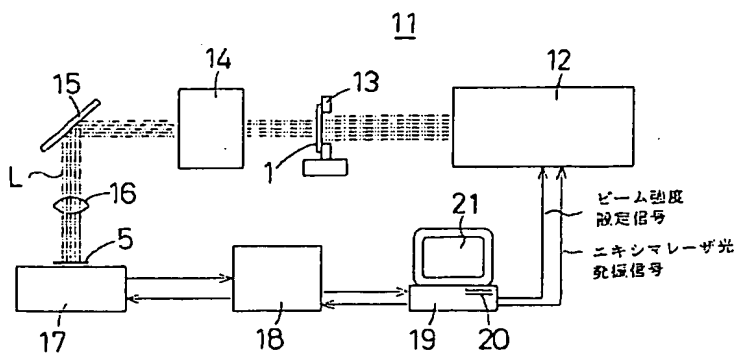
【図 2】



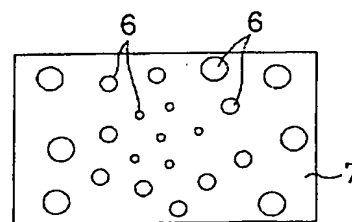
【図 4】



【図 3】

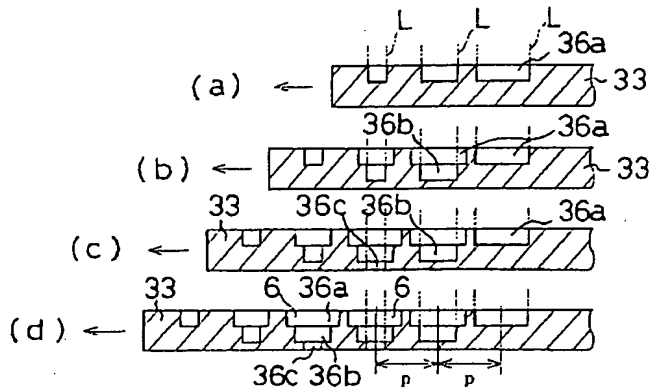


【図 5】

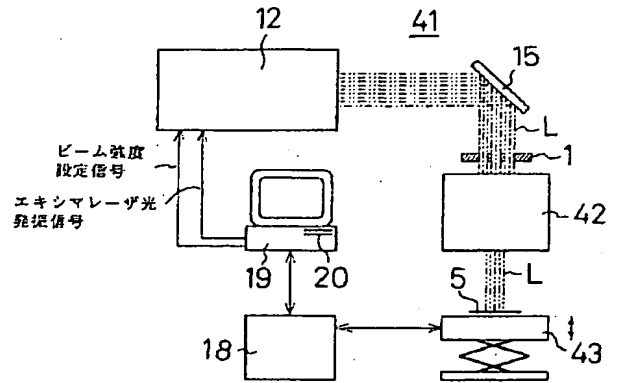




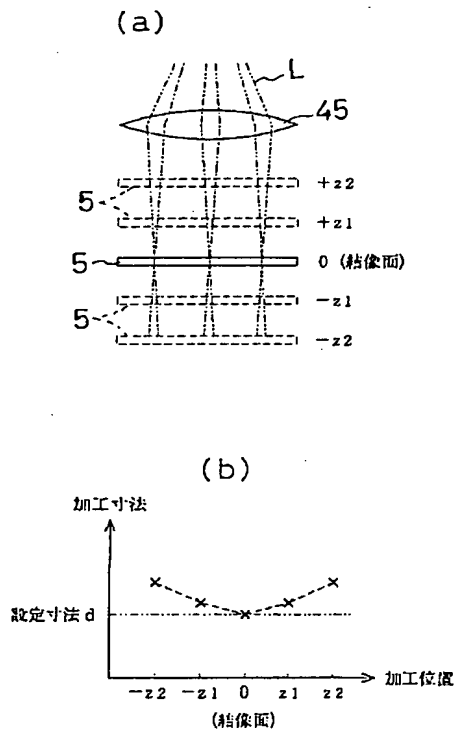
【図12】



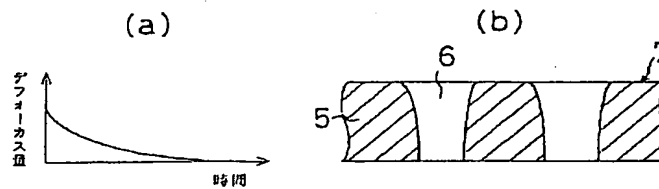
【図13】



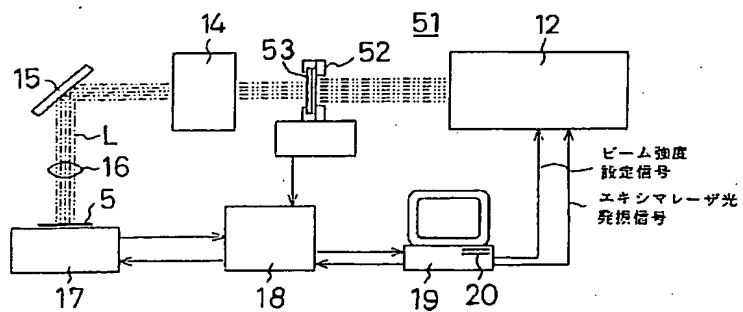
【図15】



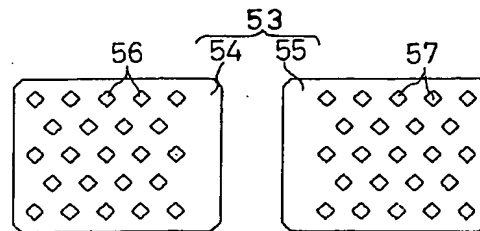
【図17】



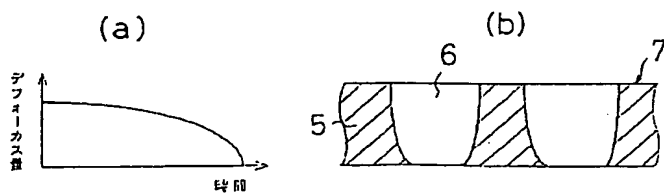
【図19】



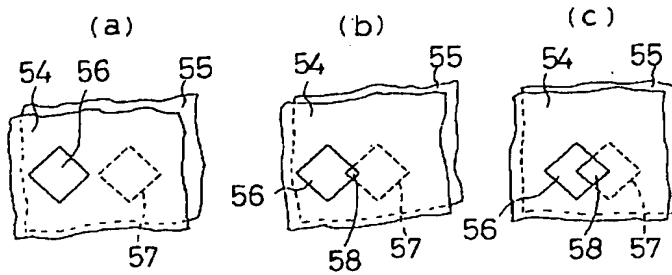
【図20】



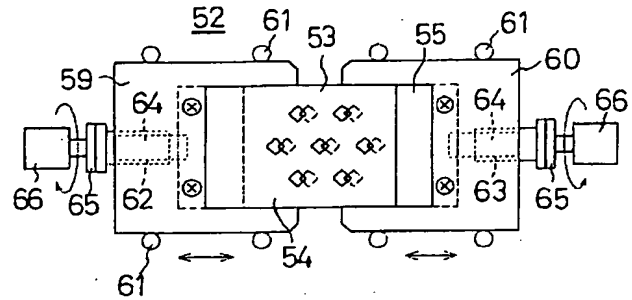
【図18】



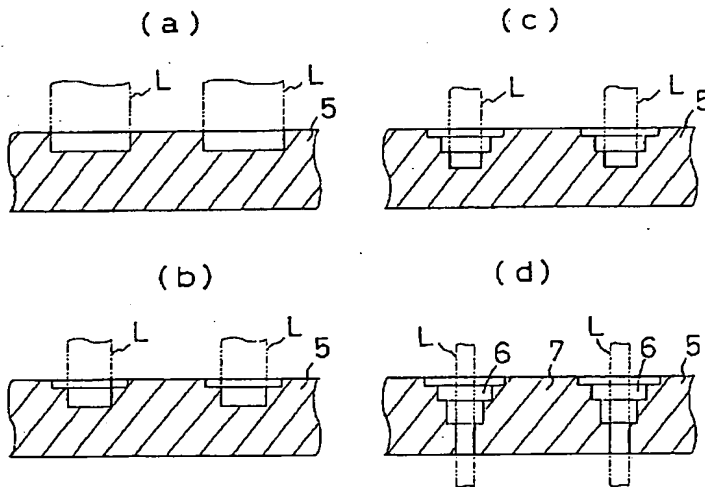
【図 21】



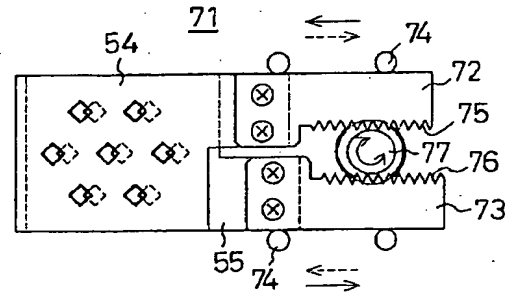
【図 22】



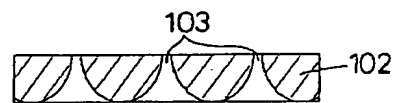
【図 23】



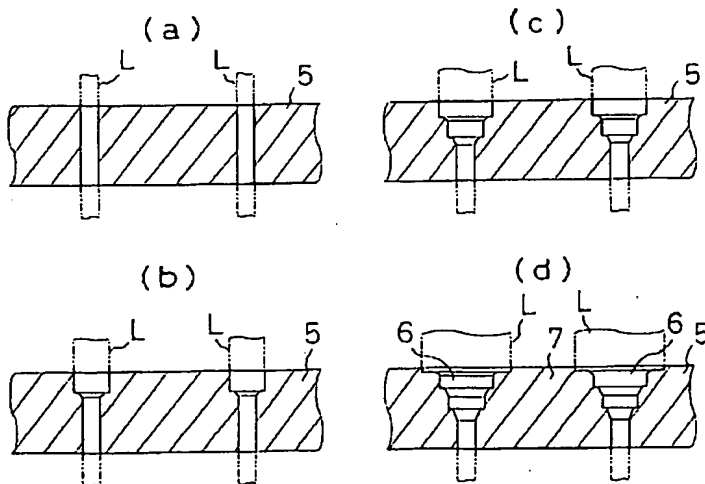
【図 25】



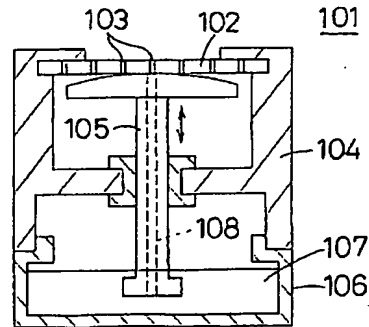
【図 28】



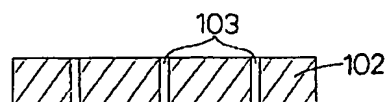
【図 24】



【図 26】



【図 29】



【図 27】

